

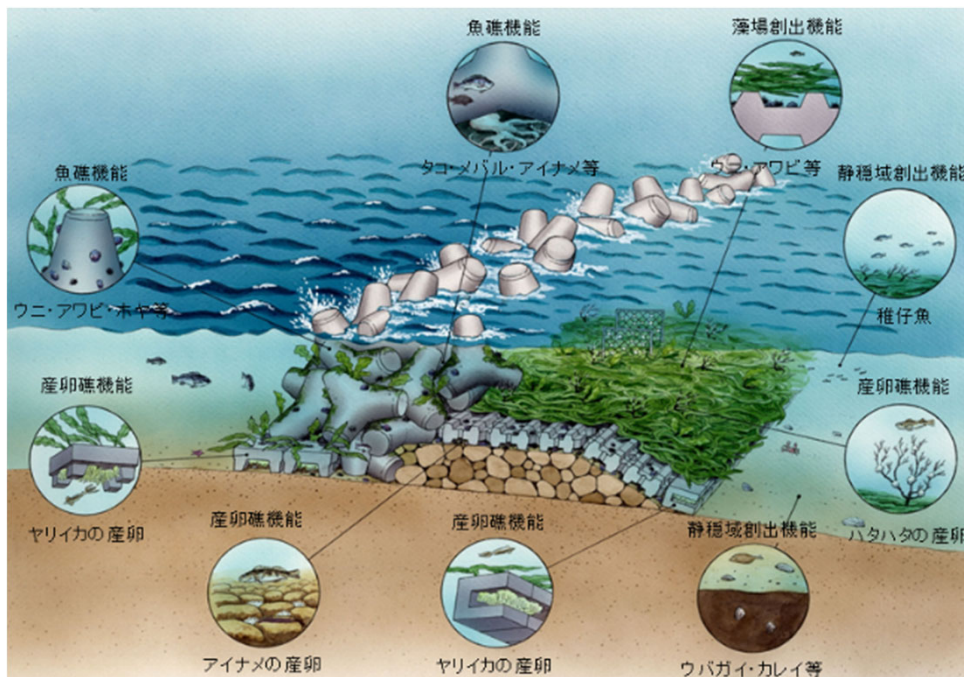
北海道における漁港水域の有効活用 － 魚類の保護育成機能の検討 －



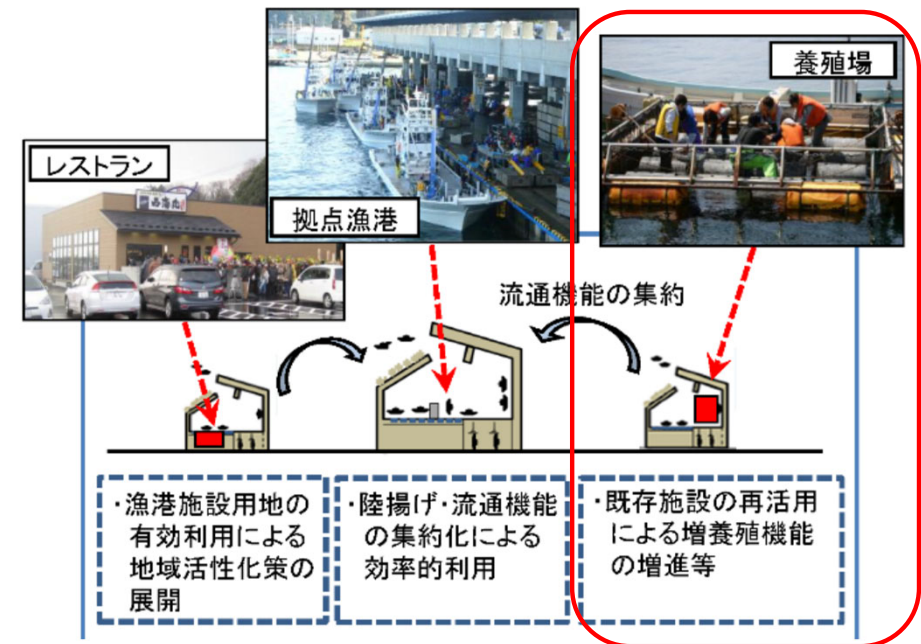
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水産土木チーム
須藤 賢哉・梶原 瑠美子・森 健二

はじめに：研究の背景と目的

- 近年は漁港水域の沿岸構造物を水産生物の生息場として有効活用することを重視
- 漁港の保護育成機能（魚類の餌場機能や避難場機能）は増養殖に有効活用が可能
- 漁港水域の活用には保護育成機能の現状把握と評価が必要
しかし保護育成機能の既往知見は少ない（伊藤ら2005, 梶原ら2019）
- 本報では、漁港における物理環境・餌料環境・魚類生息環境・波浪と魚類行動の関係から保護育成機能を評価する手法について検討



沿岸構造物の周辺に生ずる藻場や水生生物の生息場の概念
出展：「寒冷地における沿岸構造物の環境調和ガイドブック」
（北海道開発局・北海道、2017）



漁港機能の再編・集約化と漁港ストックの有効活用による
漁村のにぎわいの創出

出展：「漁港水域を活用した増養殖の手引き」
（水産庁、2020）（原著：沢田、2019）

材料と方法【現地観測：場所と期間】

- 観測場所：北海道南西部の寿都漁港の周辺海域
- 観測期間：2016年9月から2018年3月まで

寿都漁港



寿都漁港の全景

出典：小樽開発建設部ウェブサイト

<https://www.hkd.mlit.go.jp/ot/tikkou/vu2tjq00000012wv.html>



現地観測位置図 寿都漁港

等深線・海底地形デジタルデータ：日本水路協会

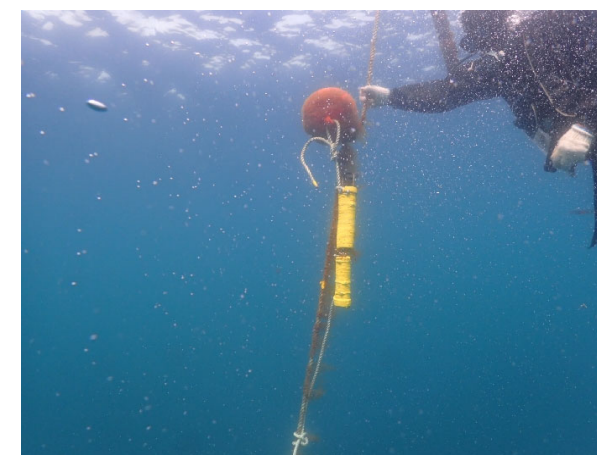
航空写真：小樽港湾事務所より提供



調査船によるGPS付ソナーの曳航



水温・塩分・DO鉛直観測



水温塩分計 St.9

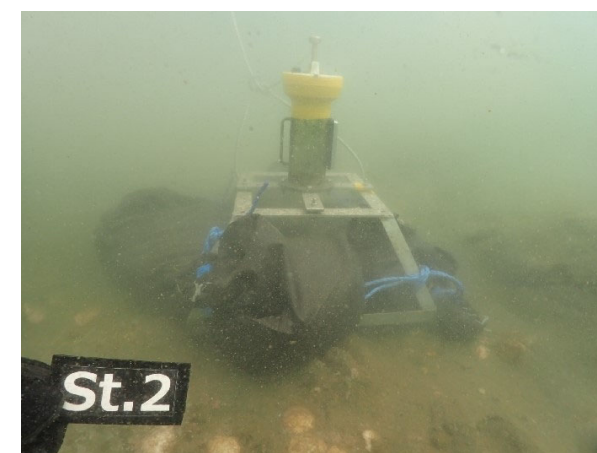
- ❑ 計測方法：小型船でGPS付ソナーHDS-10（LAWRANCE）を曳航
- ❑ 位置図と数値計算用水深図に反映

水温・塩分・DO鉛直観測、水温・塩分時系列観測

- ❑ 水温・塩分・DO鉛直観測：RINKO-Profiler（JFEアドバンテック株）
- ❑ 水温塩分時系列観測：INFINITY-CTW（JFEアドバンテック株）
- ❑ 設置位置：港内St.3、港外St.9（時系列は表層、水深約1 m）
- ❑ 観測設定：2時間間隔（時系列）

波高時系列観測

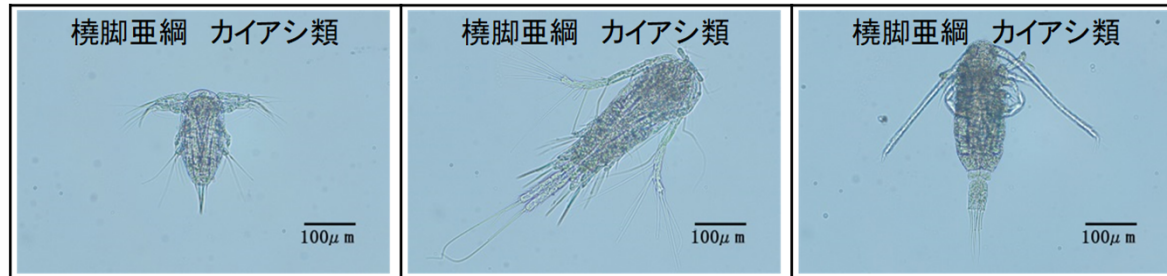
- ❑ 波高計：WAVE HUNTER 94、04（有）アイオーテクニク）
- ❑ 設置位置：港内St.2、港外St.9
- ❑ 観測設定：120分バースト、0.5秒で20分間観測



波高計 St.2

動物プランクトン

- ❑ 観測方法：北原式プランクトンネット（開口部径22.5cm、網目合0.1mm）
- ❑ 観測位置：港奥St.2、港口St.7、港外St.9
- ❑ 観測設定：鉛直曳（2017年3月以前は水深の半分より上層、2017年4月以降は海底上から海面までの全層）



採取された動物プランクトンの例(2016年11月)



北原式プランクトンネット

底生動物

- ❑ 観測方法：スミス・マッキンタイヤ採泥器（採取面積0.05m²）
- ❑ 観測位置：港奥St.2、港口St.7、港外St.9
- ❑ 観測設定：1地点当り2回採泥、1mm目合い篩



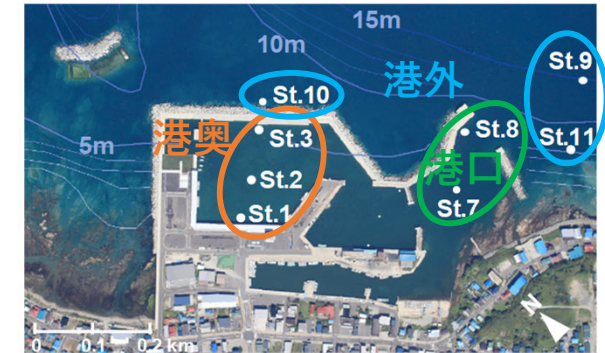
採取された底生動物の例(2016年9月)



スミス・マッキンタイヤ採泥器

稚仔魚の採捕

- ❑ 観測方法：稚仔魚採捕用ネット(開口部1.0m×0.5m, 網目合0.335mm)
- ❑ 観測位置：港奥St.1・2・3、港口St.7・8、港外St.9・10・11
- ❑ 観測設定：表層(海面下約1m)、底層(海底上約1m)、水平に50m曳網



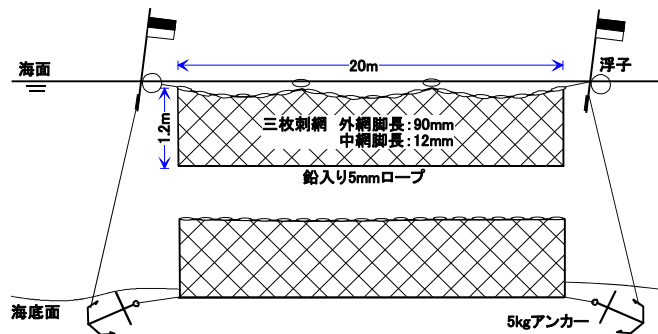
稚仔魚ネット曳網状況 2016年11月



採捕された稚仔魚の例(2017年3月)

幼成魚の採捕

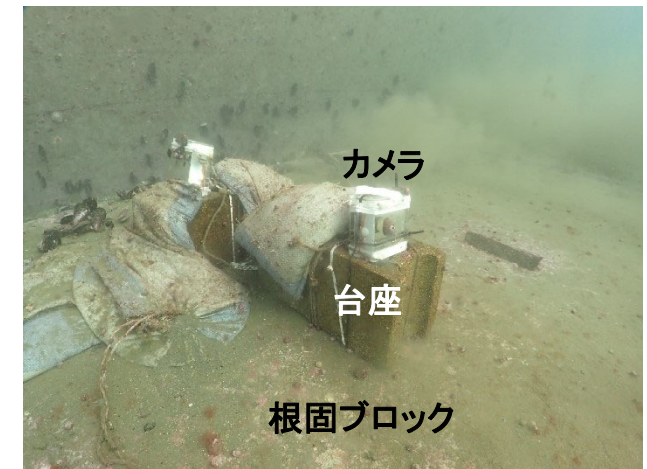
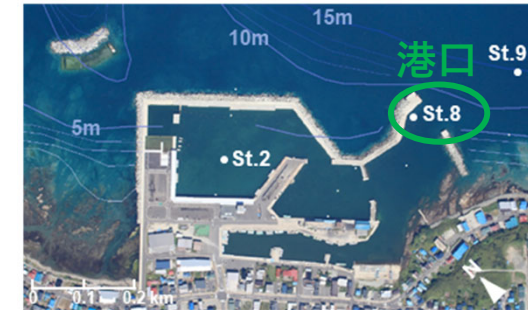
- ❑ 観測方法：刺網(延長20m×網丈1.2m、脚長:外網9.0cm、中網1.2cm)
- ❑ 観測位置：港奥St.3、港口St.8、港外St.11
- ❑ 観測設定：表層(網上端が海面)、底層(網下端が海底)、午後に設置、翌日に回収して採捕



刺し網による幼成魚の採捕と幼成魚の例(2016年11月)

水中画像の撮影条件

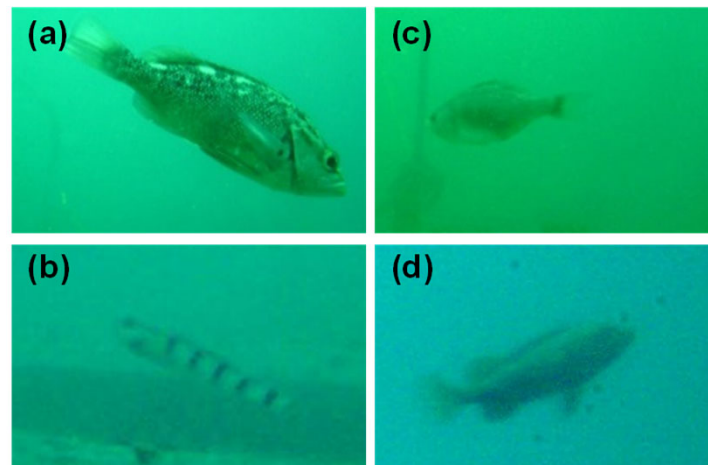
- ❑ 観測方法：インターバルカメラ(レコIR-7・IR-5、キングジム)、2台
- ❑ 設置場所：港口St.8、根固ブロックの上
- ❑ 観測設定：撮影間隔：30分(4月～6月),120分（6月以降）
- ❑ データ回収：2～3ヶ月間隔（6, 8, 10, 3月）
- ❑ 撮影範囲：高さ2m程度，幅3m程度，奥行き3m程度



インターバルカメラの設置状況

魚類の判定と計数

- ❑ 魚類判定方法：魚の形状や遊泳位置などから5つに分類
 - ①エゾメバルなどのメバル類
 - ②リュウグウハゼなどのハゼ類
 - ③ウミタナゴ類
 - ④アイナメ類
 - ⑤その他（不明種含む）



水中カメラによる魚類の撮影画像*)



(a) メバル類 (b) ハゼ類 (c) ウミタナゴ類 (d) アイナメ類 インターバルカメラでの撮影画像例*)

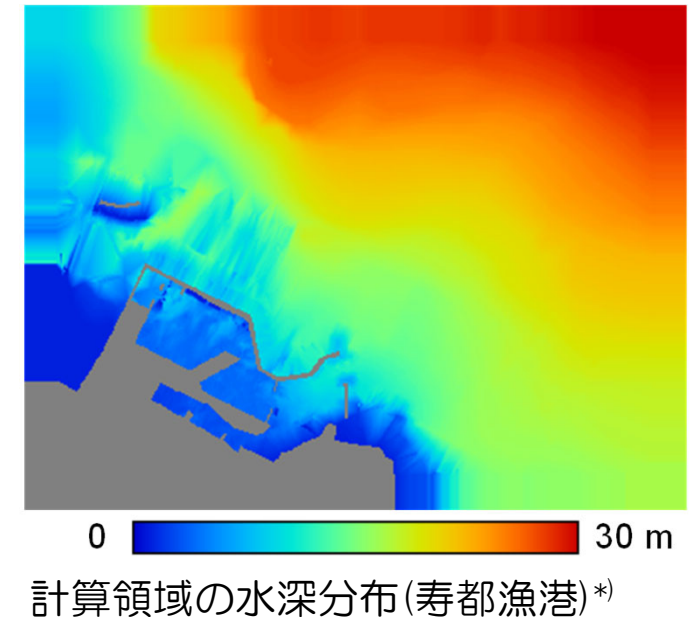
*) 出典：土木学会論文集B3(海洋開発)77巻2号「寒冷海域漁港に生息する魚類における高波浪時の避難場機能の評価手法」(梶原ら, 2021)

材料と方法

【魚類行動と波高の関係による漁港避難場機能の評価】

数値計算の計算条件

- ❑ 計算方法：非定常緩勾配不規則波動方程式 (石井ら 1994)
- ❑ 計算領域の水深：測量結果と海底地形デジタルデータ
- ❑ 計算メッシュ間隔：2m→港内の低波高を対象とするため
- ❑ 計算の妥当性検証：現地観測期間を対象に現況再現計算を実施、観測地点（**港内**St.2, **港外**St.9）で計算と観測値を比較検討して妥当性を確認
- ❑ 評価時の波高条件：①現地観測の期間内の最頻有義波高
②数値予報GPV-CWMの過去5年間の最大有義波高



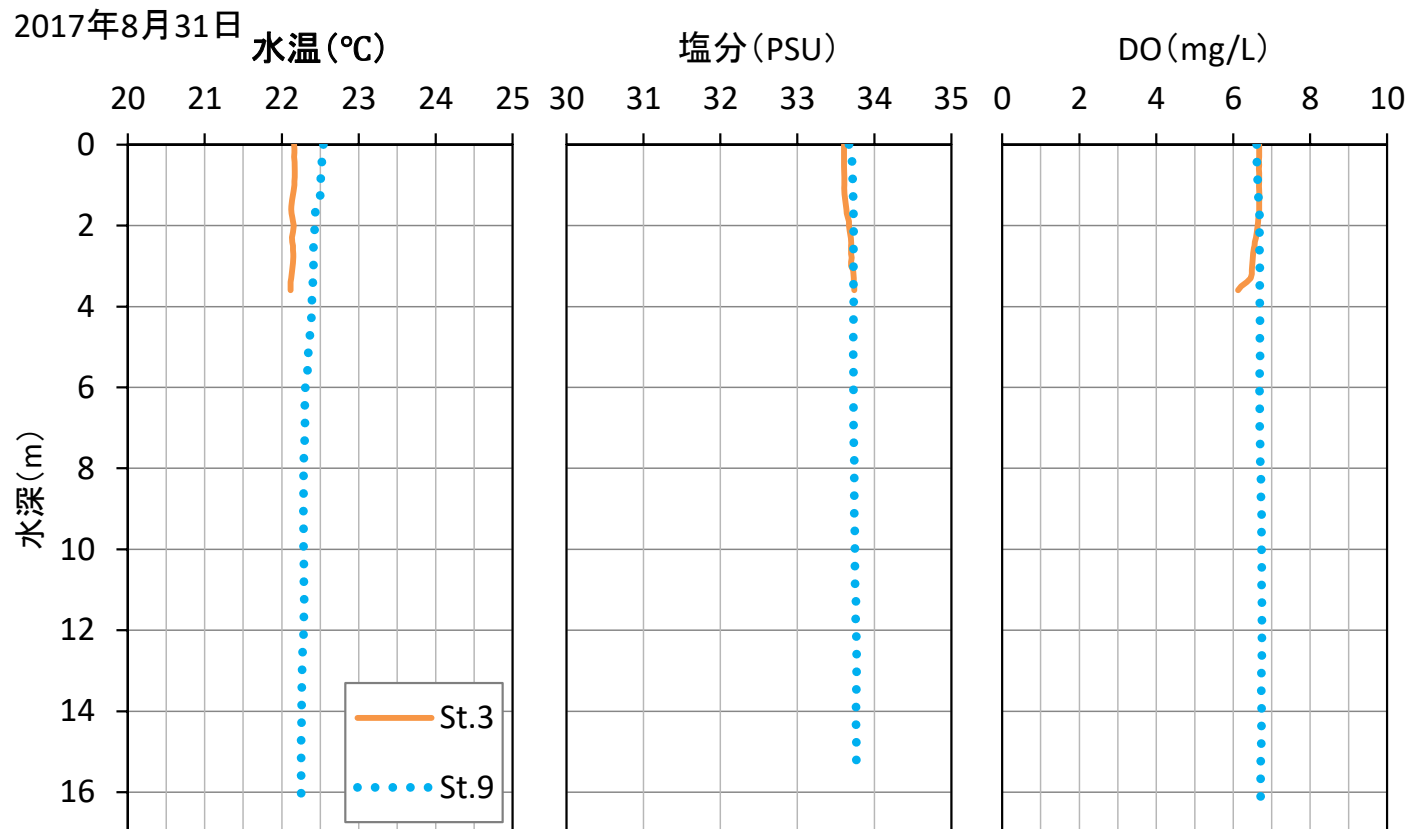
漁港の避難場機能の評価手順

- ❑ 撮影時の魚類の出現状況と観測波高の関係を把握
⇒魚類行動に影響を与える波高の閾値を決定
- ❑ 漁港の泊地内を24領域に分割
- ❑ 最頻有義波高と最大有義波高から各領域の平均波高を算出
- ❑ 領域毎に算出した波高と閾値の比較により高波浪からの避難場機能の評価



漁港内の評価領域区分 (寿都漁港、24領域) *

結果と考察【物理環境：水温・塩分・DOの鉛直分布】



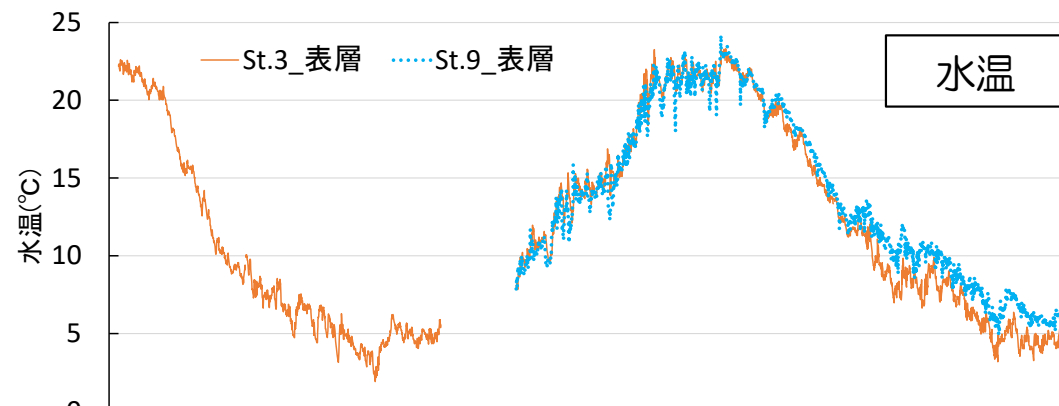
水温・塩分・DO(溶存酸素)の鉛直分布(2017年8月)

- 水温：港内St.3と港外St.9で22.1～22.5℃の範囲、差は小さい
- 塩分：港内St.3と港外St.9で30psu以上、大きな塩分低下は無い
- DO：港内St.3と港外St.9で6.1～6.7mg/L
⇒水産用水基準のDO基準値6mg/L（一般）に照らして魚類の生息には支障は無い

結果と考察【物理環境：水温・塩分・波高の時系列】

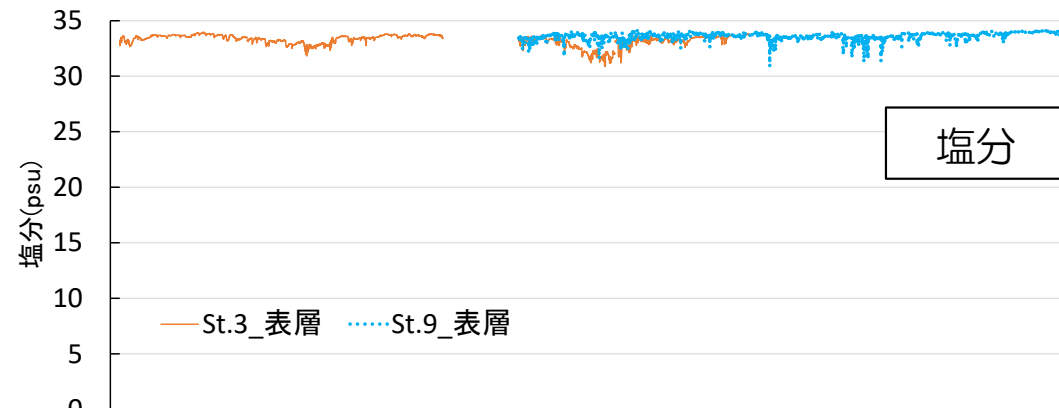
水温

- 港内St.3と港外St.9の表層で1.9℃から24.2℃で変化
- 10月から2月まではやや地点差あるも港内と港外の差は小さい



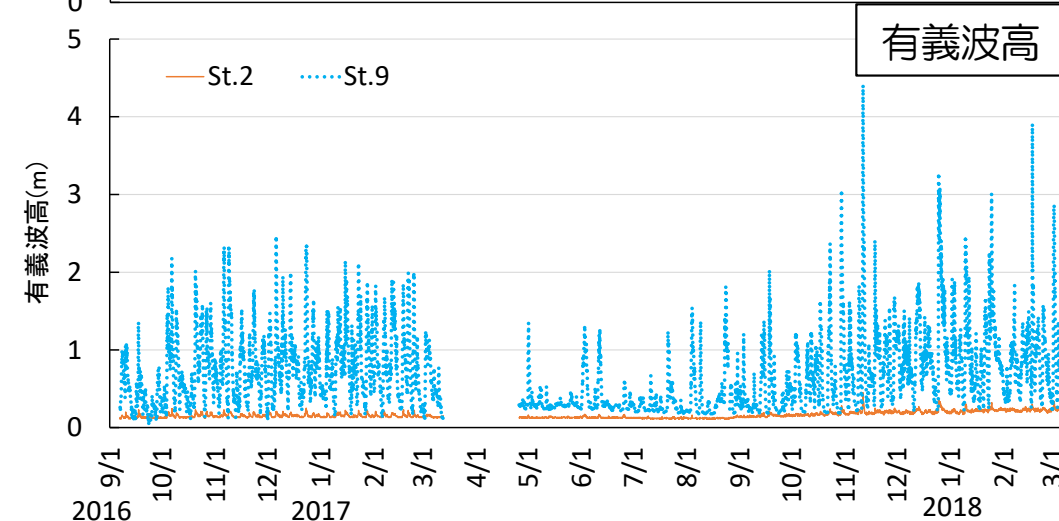
塩分

- 港内St.3と港外St.9の表層で30.9psuから34.1psuの範囲で変化
- 5月から6月に港内St.3でやや塩分低下
⇒水産生物への影響は少ないと考えられる



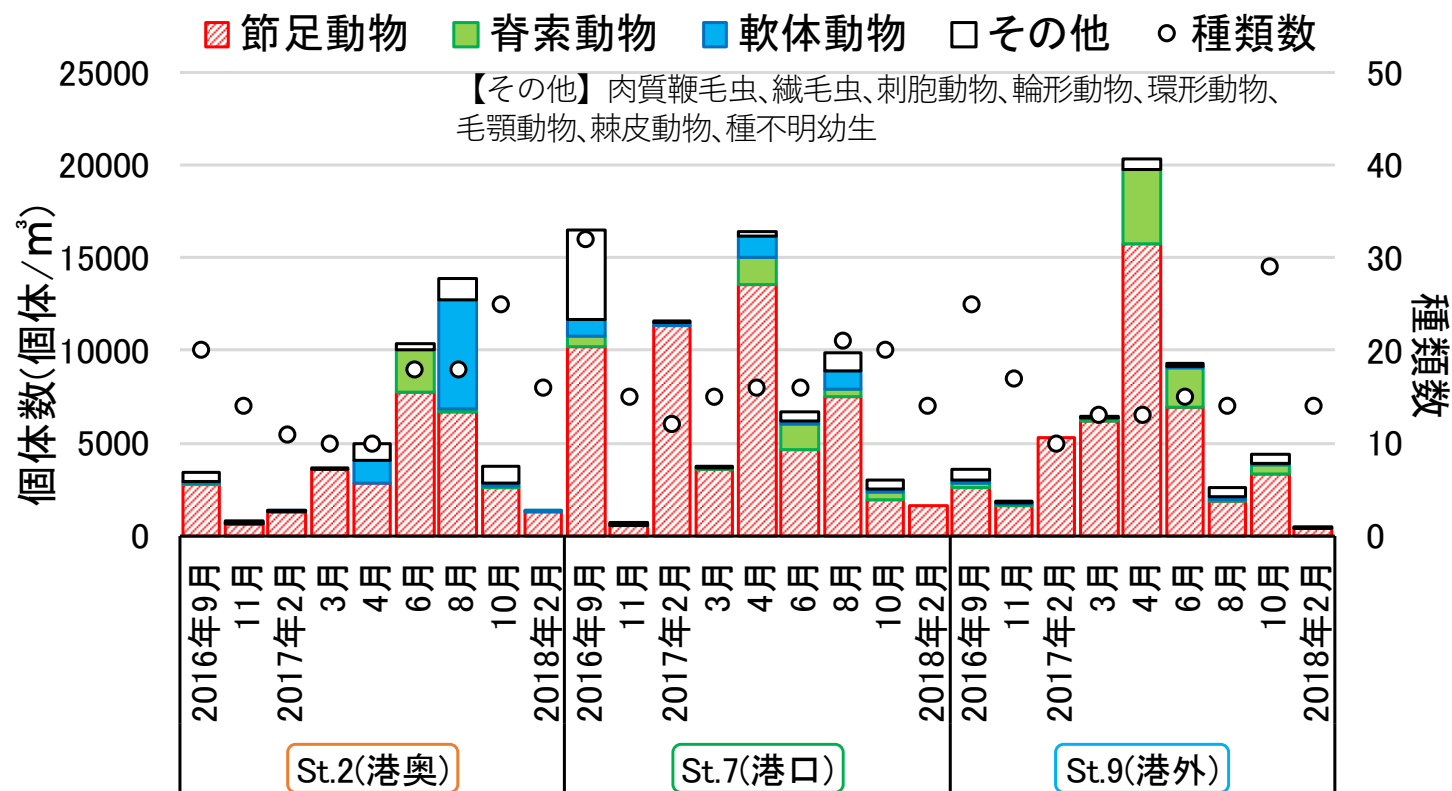
有義波高

- 2017年4月以降の期間で比較
- 港内St.2の有義波高は最大0.45m、期間平均0.17m
- 港外St.9の有義波高は最大4.41m、期間平均0.61m
- 平均して港外より港内の波高が小さい
⇒港内の方が静穏



水温・塩分・有義波高の時系列(2016年9月～2018年3月)

結果と考察【餌料環境：動物プランクトン】



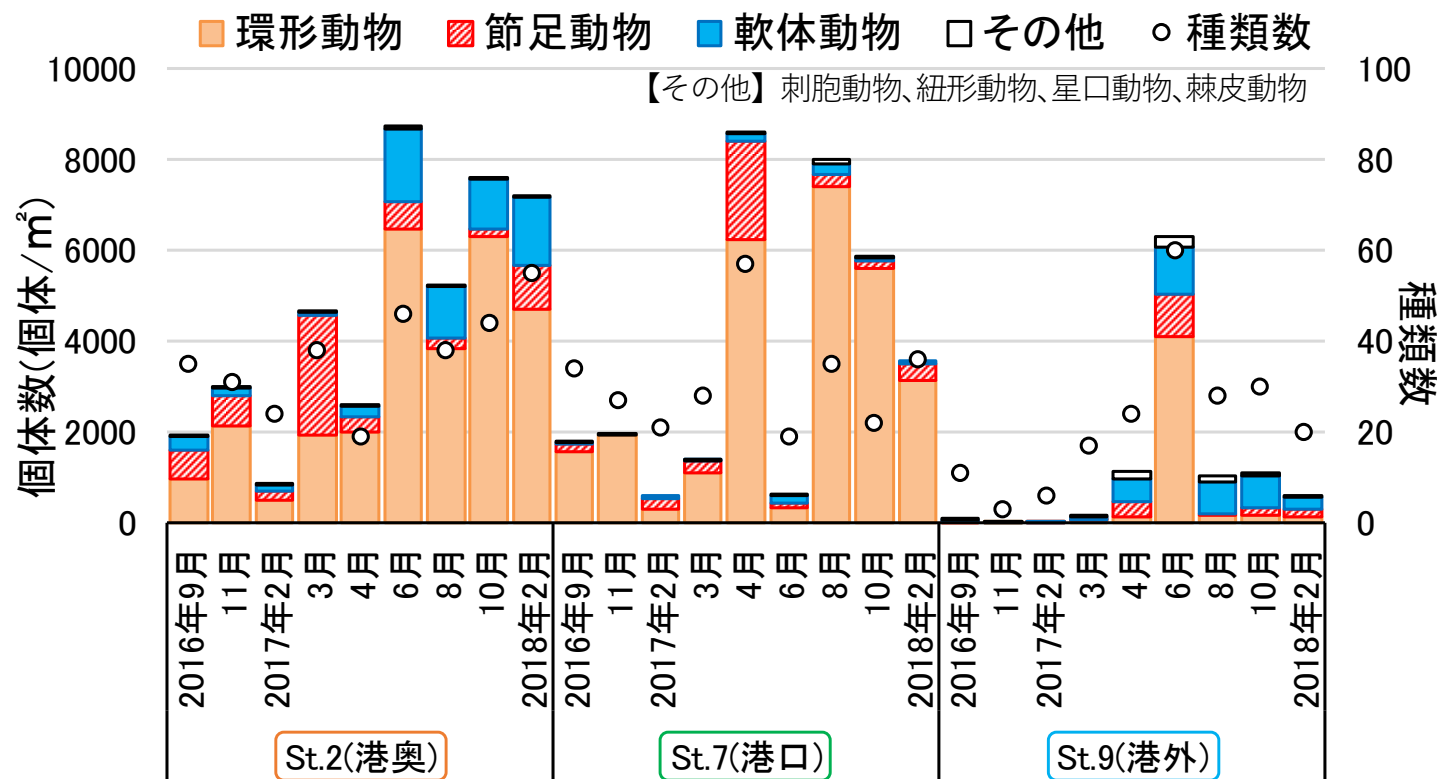
動物プランクトンの個体数と種類数 (2016年9月～2018年3月)
(2017年3月以前上層、2017年4月以降全層)

- 個体数は420～20,298個体/m³の範囲であり、港奥 St.2・港口 St.7と港外 St.9との有意差は無し(p>0.05)
- 分類群別の個体数割合では節足動物が全地点・全時期で最も優占、特にカイアシ類(=浮魚の重要な餌料)が個体数の約65%以上を占有



動物プランクトンの優占種
(カイアシ類、2018年2月)
(上) *Oithona similis*
(下) *Paracalanus* spp.
(copepodite)

結果と考察【餌料環境：底生動物】



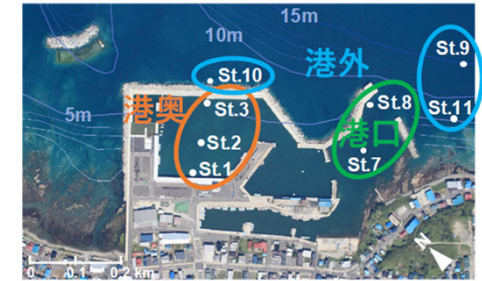
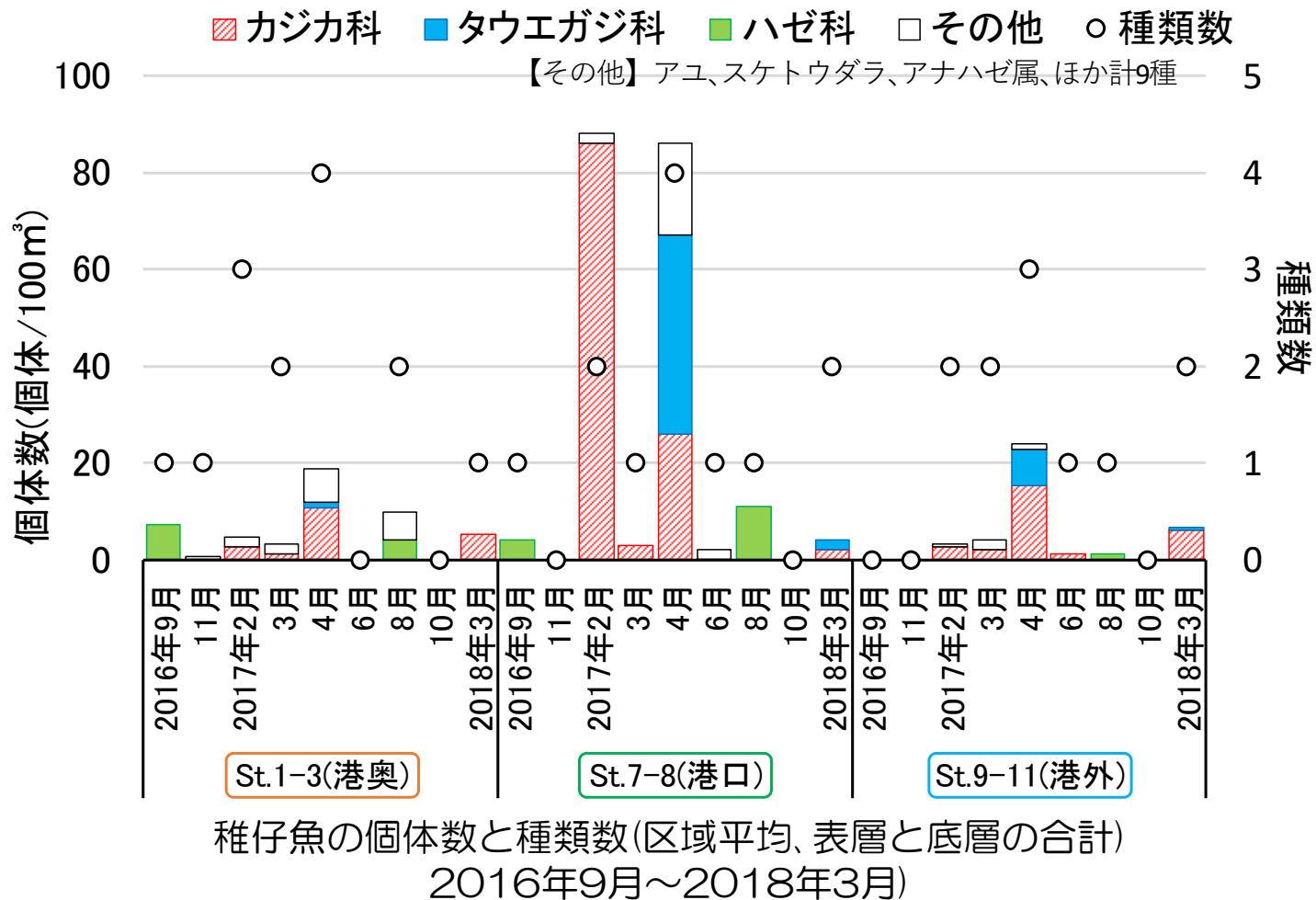
(a) 底生動物の個体数と種類数 (b) 環形動物の湿重量
(2016年9月～2018年3月)

- 港奥St.2と港口St.7は港外St.9よりも個体数が有意に高い
 港奥4,631個体/㎡・港口3,591個体/㎡ > 港外1,164個体/㎡ ($p < 0.05$)
 湿重量でも港奥・港口が港外よりも大きい
- 種類数は港奥37種・港口31種 > 港外22種
- 分類群では環形動物(多毛類)が最も優先：港奥・港内76%、港外46%
 ⇒ 多毛類は底魚(カレイ等)や今回観測の優占種アイナメの重要な餌料



環形動物(多毛類、2017年4月)
 (上) ギボシイソメ
 (下) シロガネゴカイ

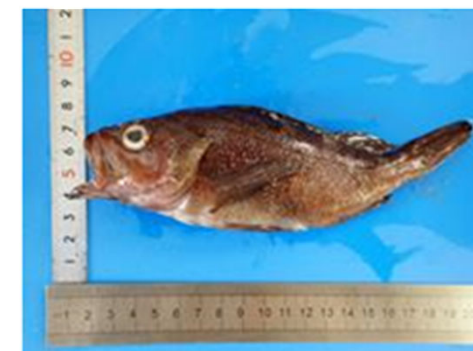
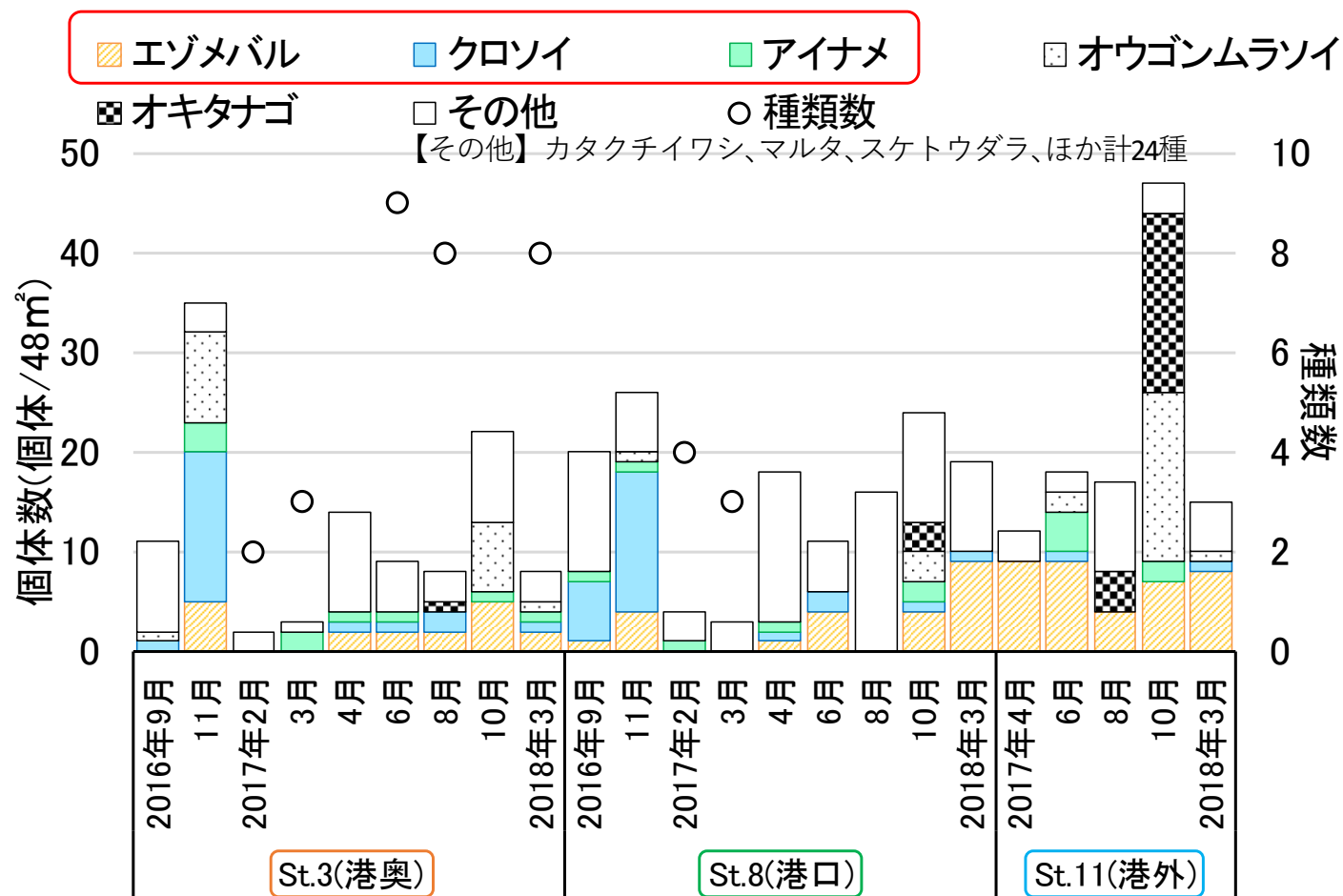
結果と考察【稚仔魚の生息状況】



稚仔魚
 (上)カジカ科(2017年)
 (下)ハゼ科(2016年)

- 個体数は港奥St.1-3=50個体、港口St.7-8=198個体、港外St.9-11=41個体
- 出現種類数は港奥10種、港口7種、港外5種

結果と考察【幼成魚の生息状況】



刺し網による幼成魚の優占種
(2017年4月)

(上)エゾメバル (下)アイナメ

幼成魚の個体数と種類数(表層と底層の合計) (2016年9月～2018年3月)

- 観測期間中の合計個体数は港奥St.3=61個体、港口St.8=88個体、港外St.11=109個体
 - 全観測期間での個体数ではエゾメバル78個体、クロソイ48個体、などが上位
 - 全観測期間での港内での出現頻度ではエゾメバル12回、クロソイ12回、アイナメ11回が上位
- ⇒ 優占種エゾメバル、クロソイ、アイナメは日常的に寿都漁港の水面を利用していることを示唆

魚類行動に影響する波高

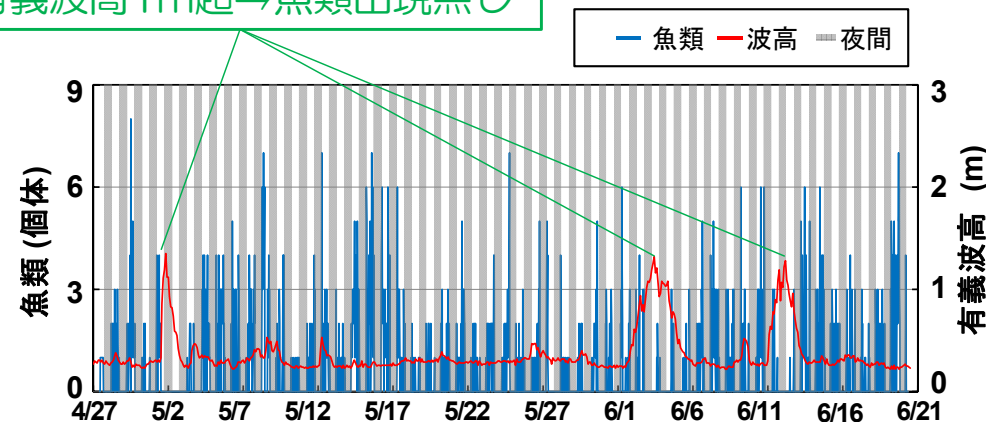
- 魚類の出現割合 (St.8) の季節変化

4～6月	約49%：出現割合が最大
6～8月	約28%
8～10月	約18%
10～12月	約24%
1～3月	約18%

 出現割合が低い
- 有義波高 (St.9) の季節変化

4～8月	は時化時でも1m超程度 ⇒ 出現が多い
10月以降	は波高2m超が増加 ⇒ 出現が少ない
- 波高1mを超えると出現しない

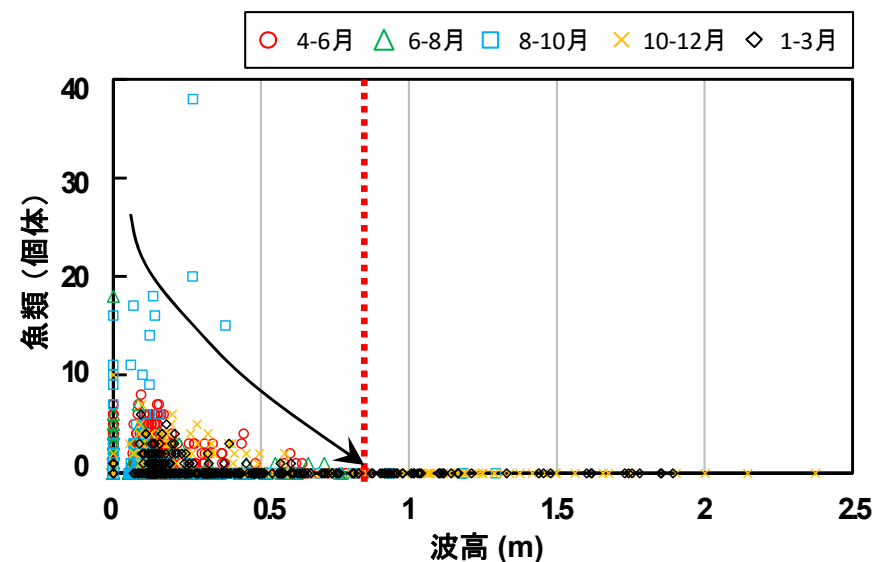
有義波高1m超⇒魚類出現無し



魚類出現個体数(St. 8)と観測波高(St.9)の時系列(4～6月)

波高の閾値の設定

- 波高が大きくなるに従い魚類の個体数が減少傾向
- 波高0.8mを超えると魚類は出現しなかった
- 今回の対象海域の魚類は波高0.8mを超過すると行動に影響を受ける
→ 波高0.8mを閾値に設定



有義波高と魚類出現個体数(St. 8)

結果と考察

【流速と魚類遊泳能力による波高閾値の検証】

- ❖ 「波高」と「魚類行動への影響」の関係については知見が少ない
⇒ 設定した波高の閾値0.8mを流速に変換、流速と魚の遊泳能力＝巡航速度を比較
- ❖ 有義波高0.8mの水平流速は16～36 cm/s
- ❖ 今回観測の優先出現魚種の巡航速度を魚体長から算定（塚本 1993）
算定式： $2 \sim 3 \times BL$ （cm/s） ここでBLは魚体長
エゾメバル : 12～51 cm/s
アイナメ : 28～84 cm/s ※魚種により巡航速度が異なる
⇒ 有義波高0.8mの流速16～36 cm/sは上記の遊泳速度と同程度かやや低い
- ❖ 巡航速度の算定式は回流水槽の一様流での実験式
⇒ 一方で現地の漁港内は振動流のため魚類への流れの影響がより大きいと推察
- ❖ 漁港内には構造物等の避難場があり実験よりも遅い流速で出現しなかったと推察
- ❖ 以上より本対象域での魚類行動に影響を与える波高閾値0.8mは妥当な値と考える



エゾメバル
(魚体長14cm、2017年8月)



アイナメ
(魚体長26cm、2017年6月)

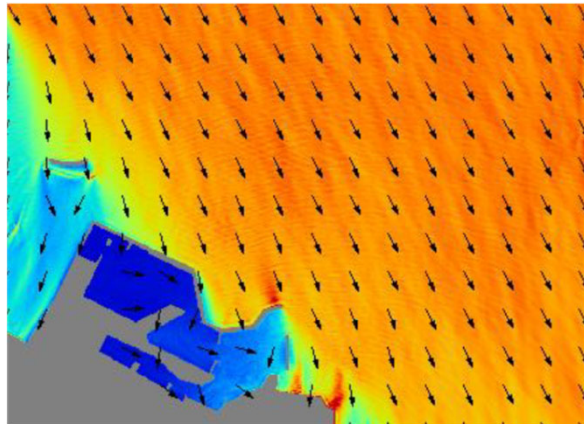


構造物の隙間に避難する魚類
(2017年6月)

結果と考察【漁港の避難場機能の評価】

有義波高の最頻値による検討

- 全領域で閾値0.8m以下

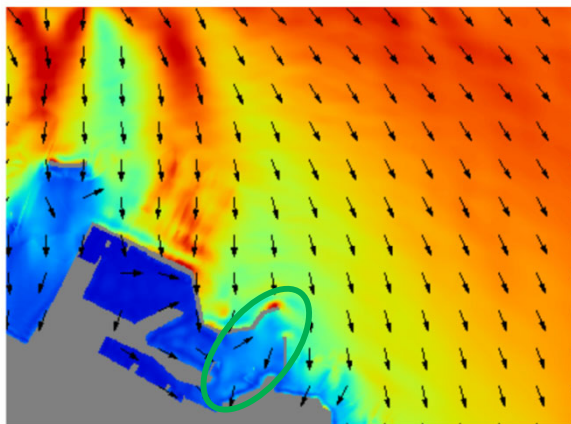


0 0.5 m
波高分布（有義波高の最頻値）

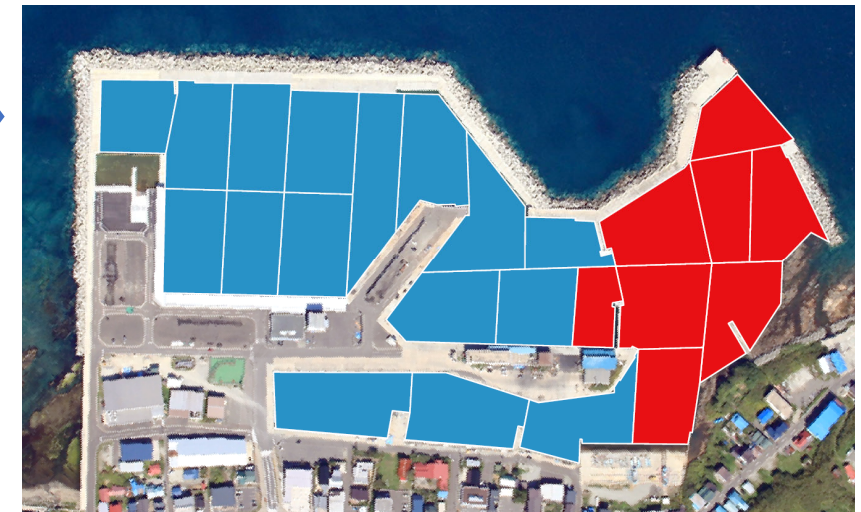
領域平均有義波高	
最頻 (観測期間)	最大 (5年間)
	○
	×

有義波高の最大値（過去5年間）による検討

- 港口部で閾値0.8mを超える領域あり



0 5 m
波高分布（過去5年間での有義波高の最大値）＊)

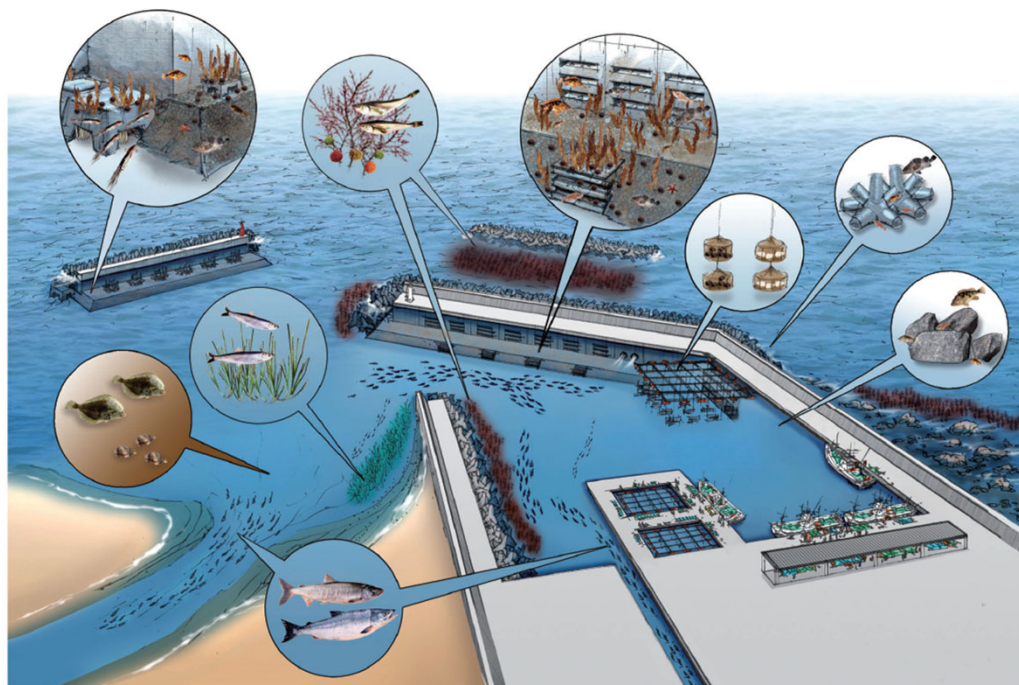


寿都漁港内の避難場機能の評価結果＊)

＊) 出典：土木学会論文集B3(海洋開発)77巻2号「寒冷海域漁港に生息する魚類における高波浪時の避難場機能の評価手法」(梶原ら、2021)

- ① 漁港の港内では魚類を育成するための餌料生物が生息しており、特に底生動物は港外よりも港内で現存量が多かった。よって漁港内では良好な餌料環境が形成されていると考えられた。
- ② 有義波高0.8mを超える波高では魚類は確認されなかった。これに基づき、有義波高と魚類出現数の関係から漁港の避難場機能を評価することができた。
- ③ 以上より、漁港には魚類の餌場および高波浪時の避難場となる保護育成機能があると考えられた。漁港の保護育成機能は漁港水域における魚類の増養殖への有効活用が期待される。

今後は現地観測による保護育成機能の評価手法の一般化や、餌場機能や水産有用種の魚類を保護する機能を強化させる技術の開発など、漁港水域での増養殖に貢献できる技術開発を進めていく予定である。



水産増養殖に貢献できる漁港のイメージ